

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

**ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА ИМЕНИ А. Н. БЕКЕТОВА**

Е. И. ЛУГЧЕНКО

А. Ю. КУЛАКОВ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

РЕКОНСТРУКЦИЯ И УСИЛЕНИЕ ЗДАНИЙ

*(для студентов 5 курса дневной и 6 курса заочной форм обучения
и слушателей факультета последипломного образования
специальности 7.06010101, 8.06010101 – Промышленное и гражданское
строительство)*

Харьков – 2015

Лугченко Е. И. Конспект лекций «Реконструкция и усиление зданий» (для студентов 5 курсу дневной и 6 курса заочной форм обучения и слушателей факультета последиplomного образования специальности 7.06010101, 8.06010101 – Промышленное и гражданское строительство) / Е. И. Лугченко, А. Ю. Кулаков; Харьк. нац. ун-т гор. хоз-ва им. А. Н. Бекетова. – Харьков : ХНУГХ им. А. Н. Бекетова, 2015. – 46 с.

Авторы: Е. И. Лугченко, А. Ю. Кулаков

Рецензент: д.т.н., проф. В. С. Шмуклер

Рекомендовано кафедрой строительных конструкций,
протокол № 7 от 6 марта 2015 р.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
Введение	4
Тема 1. Эксплуатация, надежность и аварии существующих конструкций	5
Тема 2. Методы оценки технического состояния	10
Тема 3. Уточнение характеристик стали	13
Тема 4. Уточнение нагрузок и воздействий	17
Тема 5. Дефекты и повреждения металлических конструкций ...	21
Тема 6. Проверочный расчет	26
Тема 7. Организация работ по обслуживанию зданий и сооружений	31
Тема 8. Усиление металлических конструкций	35
Контрольные вопросы	45
Источники.....	46

ВВЕДЕНИЕ

Данный курс лекций охватывает вопросы обеспечения надежности и долговечности существующих (эксплуатирующихся) металлических конструкций.

В курсе лекций рассматриваются следующие аспекты:

1. Проблематика надежности и долговечности строительных конструкций с учетом экономических аспектов.
2. Методы натурного обследования металлических конструкций, расчета и оценки технического состояния.
3. Организация обслуживания и обеспечения эксплуатационной пригодности существующих конструкций.
4. Методы повышения несущей способности существующих конструкций.

Тема 1

ЭКСПЛУАТАЦИЯ, НАДЕЖНОСТЬ И АВАРИИ СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Место дисциплины в жизненном цикле здания. Жизненный цикл включает: инженерные изыскания, проектирование, строительство, эксплуатацию, снос здания и восстановление территорий. Наибольшее время занимает **эксплуатация** здания. Для промышленных зданий стоимость эксплуатации может превышать стоимость первоначального строительства.

С экономической точки зрения эксплуатация рациональна до тех пор, пока суммарные эксплуатационные расходы не превысят прибыль от использования здания. Этот предел находится вне срока службы нормальной эксплуатации, так как связан со значительными повреждениями, препятствующими эксплуатации.

Задачи эксплуатации:

1. Обеспечение надежности и долговечности в течение необходимого срока службы..
2. Предохранение зданий и сооружений от преждевременного физического износа.
3. Обеспечение требуемого уровня безопасности при минимуме затрат.

Срок службы – планируемое время использования строительного объекта.

Ресурс – наработка до наступления отказа (может измеряться в циклах, годах и т.д.).

Различные виды деятельности, связанные с эксплуатацией:

- осмотр;
- обследование;
- диагностика, оценка технического состояния;
- проектирование усиления;
- строительно-монтажные работы (ремонт, усиление, реконструкция);
- авторский надзор.

Отличия в оценке надежности проектируемых и существующих конструкций

1. При проектировании используются данные о ранее существовавших конструкциях, поэтому неизвестными являются реализации свойств материала, значения нагрузок, действительная расчетная схема, значения отклонений размеров от проекта (реализация допусков).

2. Существующие конструкции – при обследовании определяются действительные характеристики материалов, нагрузок, схем, поэтому неопределенность возникает из-за выборочности исследований.

Износ – ухудшение качеств строительных конструкций с течением времени. Основные виды износа:

1. Ухудшение свойств материала, может проявляться в виде:
 - снижения прочности;
 - снижения пластичности и др.

2. Накопление случайных механических повреждений из-за воздействия технологического процесса.

3. Коррозионный износ – проявляется в уменьшении поперечного сечения элементов.

4. Усталостный износ – появление трещин и повреждений.

В процессе износа уменьшается надежность конструкций. Изменение надежности проявляется в снижении несущей способности, недопустимых деформациях, т.е. в появлении какого-либо предельного состояния. Условие надежности имеет вид (см. рис. 1.1):

$$N_{\phi} \leq \Phi_{\phi} \leq \Phi_0,$$

где N_{ϕ} – максимальное усилие в конкретной конструкции или ее элементе, обусловленное условиями эксплуатации и отличающееся от проектного в большую или меньшую сторону;

Φ_{ϕ} – фактическая несущая способность конструкции на данный период эксплуатации;

Φ_0 – проектная несущая способность.

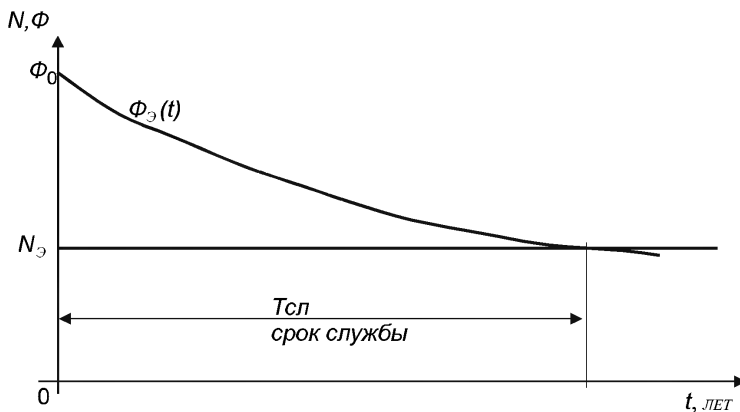


Рисунок 1.1. Изменение надежности (несущей способности) с течением времени

Изменение надежности вызывает необходимость ее оценки в процессе эксплуатации здания и сооружения.

Цель оценки надежности – определить возможность и условия дальнейшего использования здания.

Авария – отказ любого вида, вызывающий полное или частичное разрушение конструкций или здания. График интенсивности отказов (количество отказов в единицу времени) в зависимости от срока службы зданий представлен на рис. 1.2.

График имеет **три области**, которые отличаются по интенсивности отказов и их причинам:

I – период приработки – аварии и отказы обусловлены дефектами проектирования и строительства.

II – период нормальной работы – интенсивность отказов снижается, аварии обусловлены случайными воздействиями.

III – период нарастания износа – аварии обусловлены снижением несущей способности.

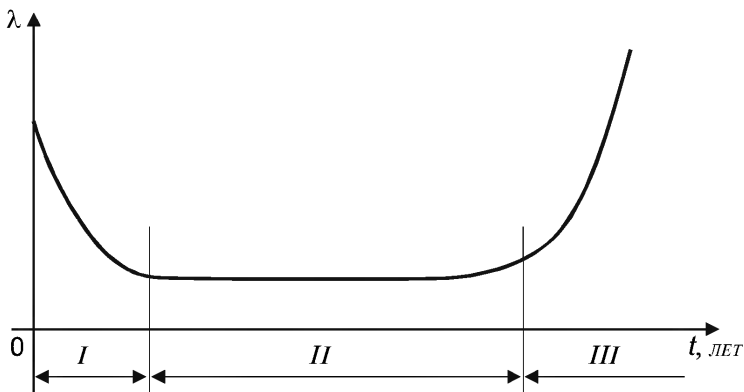


Рисунок 1.2. График интенсивности отказов

Стадии возникновения аварий

- монтаж конструкций (строительство);
- эксплуатация;
- запуск в эксплуатацию после перерыва;
- выполнение работ по реконструкции.

Причины аварий – всегда существует несколько причин, которые можно классифицировать следующим образом:

1. По стадии возникновения ошибки, вызвавшей аварию:

- ошибки при выполнении изыскательских работ;
- ошибки проектирования:
 - снижение несущей способности,
 - недостаточная долговечность;
- дефекты изготовления и монтажа;
- ошибки эксплуатации.

2. По источнику возникновения ошибки

- человеческий фактор;
- недостаточное знание свойств конструкций;
- недостаточное знание нагрузок;
- износ конструкций.

3. По воздействию, вызвавшему аварию

- случайное;

- ветер или снег;
- перегрузка или пылевые отложения;
- пожары.

Дефекты инженерно-геологических изысканий оснований приводят к авариям в результате:

- недостаточных исследований геологических и гидрогеологических условий площадки строительства;
- неправильной конструкции фундаментов;
- недостаточного учета влияния подземных коммуникаций, расположенных вблизи строящихся зданий.

К недостаткам и ошибкам **проектов и проектных решений** можно отнести:

- применение неполноценных конструктивных решений;
- изменение проектов в процессе строительства;
- недостаточное обеспечение жесткости и устойчивости сборных зданий как в процессе возведения, так и при эксплуатации;
- недостаточную детализировку чертежей отдельных ответственных узлов несущих конструкций и сооружений;
- неправильный учет нагрузок, действующих на конструкцию или сооружение;
- ошибки в расчетах конструкций;
- отсутствие в проектах указаний о мероприятиях по обеспечению устойчивости конструкций при строительстве на просадочных грунтах и др.

Низкое качество, а также **дефекты строительных работ** происходят в результате:

- отсутствия на строительстве квалифицированного технического персонала, а также частой его смены;
- нарушения требований нормативных документов к производству работ;
- отступления от проектов и, в частности, применения материалов недостаточной прочности;
- несоблюдения последовательности монтажа зданий и сооружений из сборных железобетонных конструкций, в частности каркасных зданий;
- отсутствия контроля за качеством поступающих на строительство строительных материалов и изделий;
- неудовлетворительного качества выполнения отдельных конструкций или их элементов;
- неточной разбивки осей несущих конструкций зданий и сооружений;
- замены материалов конструкций или их частей без санкции проектной организации и др.

Одной из причин некоторых аварий было **недостаточное исследование** научно-исследовательскими организациями работы некоторых конструкций и сооружений под нагрузкой. К таким авариям можно отнести:

- обрушение подкрановых балок в связи с усталостью металла и недостаточностью учета горизонтальных нагрузок от мостовых кранов;
- обрушение силосов для цемента вследствие недостаточной изученности силовых воздействий на их стенки;
- обрушение стальных резервуаров для воды и нефтепродуктов, вызванное неудовлетворительным качеством сварных швов и недостаточным исследованием работы тонкостенных оболочек;
- обрушение стальных конструкций галерей вследствие недостаточной изученности явлений хрупкого разрушения металла;
- обрушение железобетонного монолитного шедового покрытия из-за того, что не было экспериментальной проверки этой конструкции и др.

Аварии, вызванные **неправильной эксплуатацией** зданий и сооружений, происходят из-за:

- перенапряжений конструкций и их элементов вследствие установки дополнительного оборудования, не предусмотренного проектом; замены одного оборудования другим с большей динамической нагрузкой;
- дополнительной пробивки различного рода отверстий, борозд в конструкциях;
- значительной вибрации оборудования, вредно отражающейся на некоторых конструкциях и сооружениях;
- несвоевременного выполнения надзора за конструкциями и их ремонта.

Некоторые **примеры аварий:**

1. Происходят **аварии покрытий цехов** цементных заводов вследствие скопления на кровле значительного количества цементной пыли и несвоевременной ее уборки в процессе эксплуатации.

2. Случались аварии металлических конструкций покрытий промышленных и общественных зданий, а также транспортных галерей. Они происходили в основном при монтаже, но были случаи обрушений и в процессе эксплуатации зданий. Основными причинами обрушений покрытий являются грубые отступления от требований строительных норм и правил в части производства работ по изготовлению и монтажу металлических конструкций. К авариям приводит совокупность таких нарушений, как недостаточный учет особенностей современных проектных решений; утяжеление строительных конструкций при их устройстве; произвольная замена сечений элементов стальных конструкций; отступления от чертежей конструкций металлических (КМ) при разработке чертежей металлических конструкций, детализовочных (КМД), приводящих к ослаблению сечений элементов конструкций, узлов, сварных швов и других сечений; изменение расчетной схемы работы конструкций; неудачные проектные решения конструкций покрытий; нарушение порядка монтажа конструкции.

3. Примером деформации инженерных сооружений вследствие грубых дефектов, допущенных при проектировании, может служить авария на складе влажного концентрата горно-обогатительного комбината. Вследствие игнорирования законов строительной механики и строительных норм и правил по расчету основания штабеля концентрата и фундаментов несущих конструкций на устойчивость, а также по учету возможности колебания грунтовых вод в процессе эксплуатации сооружения произошла потеря устойчивости основания и вследствие этого деформация стальных трехшарнирных арок.

Система предупреждения аварий включает:

1. Контроль проектной документации дублирование работ и расчетов, контроль заказчика.
2. Контроль качества материалов, изготовления и выполнения строительных работ.
3. Надзор за зданиями и сооружениями.
4. Профилактика процессов износа путем своевременного выполнения ремонтных мероприятий.
5. Недопущение аварийных ситуаций, которое включает:
 - выполнение правил обслуживания;
 - слежение за деформациями оснований;
 - недопущение изменения свойств оснований;
 - поддержание исправности технологического оборудования.

Тема 2

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

В процессе эксплуатации конструкций возникает необходимость установления возможности использования конструкций по назначению в конкретных условиях и на определенный прогнозируемый срок, определяемый условиями эксплуатации или реконструкции. Такая возможность может быть установлена проверкой надежности и долговечности конструкций, которая называется **оценкой технического состояния** конструкций.

Оценка технического состояния конструкций является самостоятельным разделом строительной деятельности. Необходимость такой оценки вызвана физическим и моральным износом строительных конструкций и изменением условий эксплуатации, а также отсутствием в строительных нормах в явном виде учета фактора времени.

Согласно [1] состояние **отдельных элементов** конструкций может быть классифицировано:

- **исправное** – при выполнении всех требований, норм и государственных стандартов;
- **работоспособное** – при частичном отступлении от требований проекта и действующих норм, но без нарушения требований предельных состояний пер-

вой группы, а также при нарушении требований второй группы, не ограничивающих нормальное функционирование производства;

- **ограниченно работоспособное** – состояние, при котором обеспечение технологического процесса осуществляется при контроле над состоянием конструкций; ограничение продолжительности эксплуатации и ограничение параметров технологического процесса;

- **аварийное** – при имеющихся нарушениях требований первой группы предельных состояний.

Строительные конструкции имеют ряд отличительных особенностей, затрудняющих оценку технического состояния:

1. Огромное разнообразие конструктивных форм, затрудняющих выработку единых подходов

2. Значительная неопределенность расчетных моделей, связанная с вероятностным характером материалов, нагрузений и условий эксплуатации.

3. Невозможность в большинстве случаев проверки работоспособности конструкций прямыми методами.

Оценка технического состояния любой конструктивной формы осуществляется следующими **основными методами**:

1. По факту наличия повреждений, т.е. по принципу «допустим – недопустим».

2. Сопоставление дефектов и повреждений конструктивной формы с допустимыми величинами, зафиксированными в нормах или проектах. Возможно выполнить для:

- материала конструкций;
- соединения элементов в конструкции.

3. Расчетная оценка влияния дефектов и повреждений на несущую способность конструкций – для конструкций и их элементов. Этот метод является наиболее универсальным.

Путем общего анализа дефектов и повреждений, а также результатов проверочных расчетов определяется техническое **состояние отдельных конструкций** здания:

- состояние конструкции I – нормальное. Фактические усилия в элементах и сечениях не превышают допустимых по расчету. Отсутствуют дефекты и повреждения, препятствующие нормальной эксплуатации или снижению несущей способности и долговечности;

- состояние конструкции II – удовлетворительное. По несущей способности и условиям эксплуатации отвечают состоянию I. Имеют место дефекты и повреждения, которые могут снизить долговечность конструкций. Необходимы мероприятия по защите конструкций;

- состояние конструкции III – непригодное для эксплуатации. Конструкция перегружена или имеют место дефекты и повреждения, которые свидетельствуют о снижении ее несущей способности. Или на основе проверочных расчетов и

анализа повреждений возможно обеспечение ее целостности на момент усиления;

- состояние конструкции IV – аварийное. То же, что и для состояния конструкции III. Или на основе проверочных расчетов и анализа дефектов и повреждений невозможно гарантировать целостность конструкций на период усиления, особенно если возможен «хрупкий» характер разрушения. Необходимо вывести людей из зоны возможного обрушения, выполнить немедленно разгрузку, принять другие меры безопасности.

Здания (сооружения) в целом рекомендуется относить к одному из следующих состояний в зависимости от состояния несущих и ограждающих конструкций:

I – нормальное: у здания отсутствуют несущие и ограждающие конструкции, которые отвечают состояниям конструкций II, III и IV;

II – удовлетворительное: у здания отсутствуют несущие и ограждающие конструкции, которые отвечают состояниям конструкций III и IV;

III – непригодное для нормальной эксплуатации: у здания (сооружения) отсутствуют несущие и ограждающие конструкции, которые отвечают состоянию конструкций IV;

IV – аварийное: в здании есть несущие и ограждающие конструкции, которые отвечают состоянию конструкций IV.

В отличие от случая проектирования новых конструкций, когда их надежность подтверждается только путем расчета, для характеристики уже существующих конструкций могут применяться методы, основанные на: анализе опыта эксплуатации; использовании методов проверочного расчета; проверке пробной нагрузкой.

Прогнозируемый срок эксплуатации конструкций принимается по одному из следующих вариантов:

- до истечения установленного нормативного срока функционирования здания или сооружения;
- до ближайшего планируемого капитального ремонта;
- до установленного в процессе оценки срока, по истечении которого конструкция вновь подлежит оценке с целью проверки возможности продлить допускаемый срок эксплуатации.

Структурные части процедуры оценки технического состояния при использовании расчетного метода оценки:

1. Натурное обследование конструкций, выявляющее их действительное состояние и условия эксплуатации.
2. Проверочные расчеты с учетом результатов натурных исследований.
3. Оценка технического состояния с установлением возможности и условий эксплуатации конструкций.
4. Рекомендации по ремонту и усилению конструкций с использованием остаточной несущей способности конструкций.

Натурные исследования являются сбором данных о техническом состоянии конструкций и могут быть разделены на следующие части:

1. Уточнение характеристик материалов, поскольку реальные свойства материала отличаются от проектных и изменяются во времени: усталость, старение и т.д.

2. Уточнение нагрузок и воздействий. Необходимость этого диктуется отличием нагрузок, реализуемых в процессе эксплуатации, от принятых при проектировании.

3. Техническая диагностика или натурные освидетельствования конструкций, целью которых является выявление дефектов и повреждений, а также определение количественных характеристик конструкций.

Тема 3

УТОЧНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СТАЛИ

Основными свойствами стали, важными с точки зрения ее работы в строительных металлических конструкциях, являются:

- прочность;
- пластичность;
- склонность к хрупкому разрушению;
- усталостная прочность;
- свариваемость.

Свойства стали могут быть установлены на основании испытаний, проведенных:

- по прямой методике – путем исследования проб и образцов, взятых из конструкций;
- косвенными методами – путем использования неразрушающих методов контроля.

Показатели, которые определяются при исследовании и испытании металла:

а) химический состав с выявлением углерода, кремния, марганца, серы и фосфора (для всех сталей), хрома, никеля и меди (для низколегированных сталей), а также азота (для бессемеровской и томасовской конвертерной углеродистой стали и в необходимых случаях – для низколегированной стали);

б) предел текучести, временное сопротивление и относительное удлинение при испытании на растяжение;

в) ударная вязкость при температуре -20°C для углеродистой стали и -40°C для низколегированной;

г) ударная вязкость после механического старения;

д) распределение сернистых включений способом отпечатков по Бауману;

е) микроструктура.

Отбор проб и образцов

1. Для определения химического состава стали, из конструкций отбирается стружка, получаемая сверлением определенных мест конструкций. Масса готовой пробы должна быть не меньше 50 г.

2. Для испытания на растяжение из конструкций вырезаются заготовки, из которых могут быть изготовлены цилиндрические образцы, диаметром 3 мм и более, или плоские, толщиной 0,5 мм и более.

3. Для определения ударной вязкости необходимы образцы, формы и размер которых регламентированы ГОСТ 9454-78*.

4. Заготовки и пробы вырезаются из мало напряженных зон наиболее нагруженных элементов. Например, в элементах ферм из уголков образцы отбираются из выступающих полок уголков в узлах; для поясов разрезных балок – в приопорных сечениях. Вырез должен быть плавным, без надразов, в необходимых случаях места вырезки должны быть усилены.

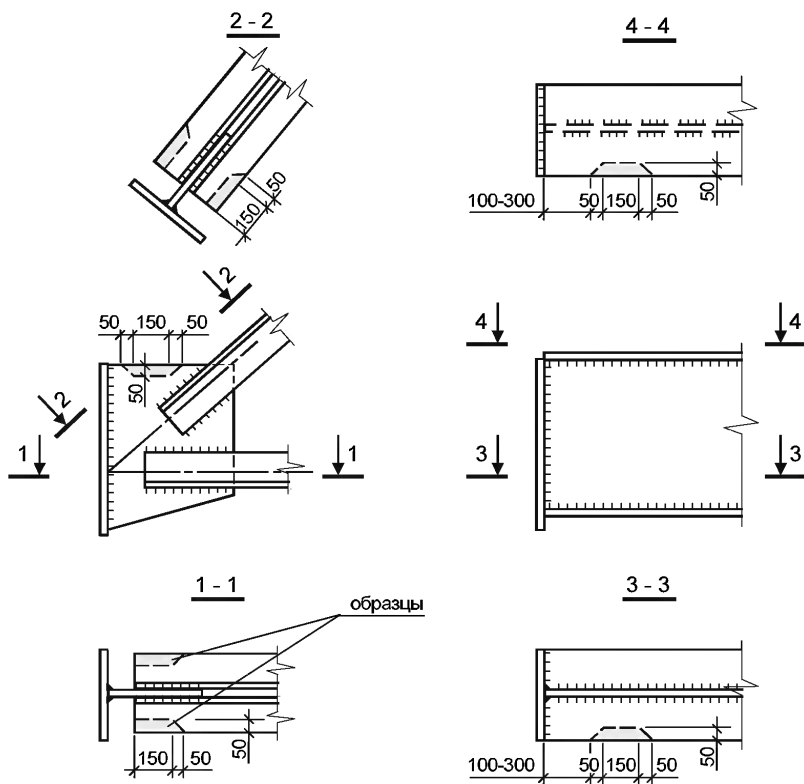


Рисунок 3.1. Места вырезки образцов

По результатам химического анализа проб можно оценить свариваемость стали. Обычно свариваемость стали оценивают по углеродному эквиваленту:

$$C_9 = A_c \sum \frac{U_i}{A_i},$$

где C_9 – углеродный эквивалент;

$A_c = 12$ – атомный вес углерода;

A_i – атомный вес i -го элемента;

U_i – процентное содержание i -го элемента.

Сталь считается хорошо свариваемой при $C_9 < 0,45 \%$.

Основные прочностные характеристики стали устанавливаются по результатам механических испытаний на растяжение в разрывных машинах: нормативное R_n и расчетное R сопротивления стали:

$$R_n = \bar{\sigma}_T - \bar{\sigma}_T,$$

где $\bar{\sigma}_T, \bar{\sigma}_T$ – среднее значение и среднее квадратичное отклонение предела текучести выборки;

k – число стандартов, которое необходимо взять для получения заданной обеспеченности.

$$R = \frac{R_n}{\gamma_m},$$

где γ_m – коэффициент надежности по материалу.

Значения γ_m для существующих конструкций регламентируются разделом 20 СНиП II-23-81.

Пластичность стали оценивается по величине относительного удлинения.

Склонность стали к хрупкому разрушению выявляется по результатам испытаний на ударную вязкость. При удовлетворительных результатах испытаний сталь может быть признана годной для дальнейшей эксплуатации, даже если марка стали не соответствует указаниям СНиП II-23-81*.

По результатам химического анализа и механических испытаний и сопоставления этих результатов с требованиями ныне действующих норм, устанавливается соответствие материала конструкций условиям эксплуатации и новым условиям при реконструкции. При этом в необходимых случаях, вводятся ограничения на эксплуатацию.

Экспресс-анализ и косвенные методы оценки прочности стали

Изложенные выше методы, как уже было отмечено, обладают весьма высокой трудоемкостью и не всегда могут быть выполнены. В условиях эксплуатации и реконструкции следует переходить на косвенные неразрушающие методы.

Замена традиционного химического анализа лабораторным способом представляется возможным на основании использования лазерной техники. Экспресс-анализ, основанный на лазере, заключается в следующем: на выбранном и очищенном участке поверхности конструкции лучом лазера сжигается металл, пары которого анализируются спектрографом. Такой метод позволит значительно расширить количество проб и повысить, таким образом, надежность исследований.

Для получения наиболее полной информации о механических свойствах стали можно воспользоваться косвенными методами оценки прочности без вырезки образцов. Одним из таких методов является оценка прочности стали по результатам измерения твердости.

Наиболее распространенными способами оценки твердости являются методы Бринеля и Полюди. Основным недостатком метода является определение твердости и прочности только поверхностных участков проката, которые из-за деформирования в процессе прокатки имеют улучшенные механические свойства.

Другой метод основан на определении усилия, необходимого для среза резьбы с записью диаграммы деформирования и позволяет получить характеристику прочностных и пластических свойств стали.

Определение характеристик стали без испытаний

Испытания стали могут не производиться, если имеются достоверные данные по примененным материалам, в этом случае нормативные характеристики прочности R_{ny} и R_{nu} принимаются следующим образом:

1. В рабочих чертежах имеются данные о примененных марках стали – в этом случае характеристики прочности принимаются по СНиП П-23-81* «Металлические конструкции» в зависимости от марки стали. Должны отсутствовать повреждения, свидетельствующие о низком качестве металла.

2. Характеристики прочности принимаются непосредственно по данным испытаний, которые приводятся в сертификатах на партию металла (при их наличии).

3. Уровень напряжений не превышает 1700 кгс/см^2 для конструкций 3 группы.

Расчетные сопротивления R_y и R_u для проверочных расчетов определяется по формуле

$$R = R_n \cdot \gamma_d / \gamma_m ,$$

где γ_m – коэффициент надежности по материалу; γ_d – коэффициент, учитывающий коррозионные повреждения.

Остальные сопротивления принимаются по таблице 1 СНиП П-23-81* в зависимости от значений R_y и R_u .

Тема 4

УТОЧНЕНИЕ НАГРУЗОК И ВОЗДЕЙСТВИЙ

Уточнение действующих нагрузок и воздействий на строительные конструкции производится на основании анализа конкретных условий эксплуатации и имеет целью выявить:

- фактические величины действующих нагрузок и воздействий;
- соответствие характера и величины фактических нагрузок проектным;
- соответствие нагрузок действующим нормативным документам;
- наличие нагрузок и воздействий, не учтенных при проектировании;
- возможные изменения нагрузок.

Уточненные значения нагрузок необходимы для выполнения проверочных расчетов существующих конструкций.

Собственный вес металлических конструкций может быть определен по чертежам КМД с учетом контрольных замеров сечений. Коэффициент надежности по нагрузке принимается равным единице.

При отсутствии документации собственный вес металлических конструкций принимается по результатам обмеров основных деталей.

К основным деталям относятся элементы, геометрические характеристики которых вносятся в расчет:

- в ферме – пояса и элементы решетки;
- в балках и сплошных колоннах – пояса и стенка;
- в сквозных колоннах – пояса;
- в связях – пояса и элементы решетки.

Полный нормативный вес конструкций определяется по формуле

$$G = \psi_g G_{od},$$

где G_{od} – вес основных деталей;

ψ_g – строительный коэффициент веса

Строительный коэффициент веса учитывает максимальные отношения объема основных и конструктивных деталей. При определении расчетного веса конструкций коэффициент надежности по нагрузке должен учитывать плюсовые допуски проката и принимается равным 1,05.

Собственный вес железобетонных конструкций плит, настилов, асбестоцементных листов, армоцементных плит и т.п. определяется по чертежам и каталогам, действовавшим в период строительства обследуемого объекта, т. е. определяются или проверяются величины, принятые при проектировании. Коэффициенты перегрузки при этом принимаются по СНиП 2.01.07-85.

При отсутствии технической документации, использовании нестандартных элементов или уточнении нагрузок производится обмер конструкций (замеряются толщина плиты, размер и расстояние между ребрами и т.д.) и лабораторное определение плотности бетона.

Вес утеплителя, выравнивающей стяжки и гидроизоляционного ковра является наиболее изменчивой частью нагрузки от покрытия и может значительно

отличаться от принятого при проектировании, поэтому даже при наличии технической документации необходимо произвести вскрытие кровли.

$$q_{кр} = 9,8 \sum \rho_i t_i,$$

где ρ_i и t_i – плотность и толщина отдельного слоя (кг/м³ и м).

Нормативные **нагрузки от веса стационарного оборудования** и коммуникаций определяются на основании анализа технической документации и результатов осмотра. Составляются схемы их расположения с указанием способа передачи нагрузок на конструкции и для каждого элемента конструкций определяется наиболее невыгодное расположение оборудования.

В цехах черной металлургии, особенно вблизи пылепроизводящих агрегатов (сталеплавильные печи, вагранки и т.п.) возникают не учитываемые проектами и нормами пылевые нагрузки, воздействующие как непосредственно на конструкции в виде отложений, так и через кровлю в виде отложений и снега, смешанного с пылью. Толщина слоев пыли замеряется и наносится на план расположения конструкций.

Нагрузки от снега и ветра определяются по СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия» в зависимости от снегового (ветрового) района с соответствующими коэффициентами конфигурации кровли и коэффициентами надежности по нагрузке.

Следует отметить, что снеговые районы, разработанные в условиях бывшего СССР, покрывают огромные площади и могут не отражать конкретные условия нагружения зданий и сооружений. При уточнении нормативная величина снеговой нагрузки на 1 м² земной поверхности может быть определена на основании статистической обработки данных ближайших метеостанций, ведущих длительные наблюдения за состоянием снежного покрова и имеющей соответствующие данные в виде снегосъемок.

При расположении здания на открытой местности допускается определение ветровой нагрузки с учетом его фактической ориентации. Для этого формируются выборки месячных максимумов скорости ветра по каждому из направлений (С, СВ, В, ЮВ, Ю, ЮЗ, З, СЗ), а затем по формулам вычисляются соответствующие расчетные скорости ветра $v(T)$ и расчетные значения ветрового давления $w(T)$.

Нагрузки от ветра должны приниматься на основании анализа застройки территории, в которой в настоящее время находится рассматриваемое здание или сооружение с корректированием эпюр ветрового давления.

Нагрузки от мостовых кранов являются основными для большинства конструкций каркасов промышленных зданий и их уточнение – одна из главных задач выявления фактического напряженного состояния конструкций.

Основной величиной при расчетах на вертикальную крановую нагрузку является нормативное давление кранового колеса F_n , определяемое по паспортным данным.

При оценке технического состояния существующих конструкций промышленных зданий, в которых имеется конкретный технологический процесс, следует определять загрузки конструкций путем анализа конкретных условий эксплуатации, считая мостовые краны элементом технологического процесса.

В ДБН 362-92 определение расчетного давления колеса мостового крана осуществляется с учетом величины полезного груза на крюке крана:

$$F = \frac{1}{m_k} \left[(\gamma_k g_m + \gamma_r G) \frac{1-y}{L} + \frac{\gamma_k G_{kp}}{2} \right],$$

где G – максимальная величина фактически поднимаемого полезного груза на крюке крана;

γ_r – коэффициент надежности по поднимаемому грузу;

γ_k – коэффициент надежности по собственному весу тележки и моста крана;

y – реальное приближение тележки к оси рассматриваемого ряда, определяемого расстановкой технологического оборудования. Величина горизонтальных сил, называемых тормозными, для группы режимов работ 1К-6К определяется процессом торможения тележки и вычисляется по формуле:

$$T = \mu \cdot \frac{Q \cdot g_{тел}}{n_t},$$

где Q – грузоподъемность крана;

$g_{тел}$ – вес тележки;

n_t – число тормозных колес крана;

μ – коэффициент трения качения; при $\mu = 0,1$ и $n_t = 2$ формула превращается в $T = 0,05 \cdot Q \cdot q_{тел}$.

Для 7К-8К горизонтальная поперечная сила определяется по формуле:

$$T = 0,1 \cdot F_n,$$

где F_n – полное нормативное значение вертикальной нагрузки на колесо.

При проектировании новых конструкций совместная работа кранов учитывается их максимальным сближением с введением коэффициента сочетаний. Такая методика практически игнорирует технологический процесс, определяя умозрительное наименьшее загрузку конструкций. В действующем производстве движение кранов и, как следствие, их сближение диктуется реальным технологическим процессом.

В зависимости от технологических операций, работа кранов может быть разделена на два типа:

1. Взаимозависимая работа, при которой перемещаются грузы, превышающие грузоподъемность каждого крана.

2. Независимая работа, при которой каждый кран обслуживает отдельный участок технологического процесса.

В случае первого типа движения кранов нагрузка на подкрановые конструкции определится схемами и размерами приспособлений (траверс), жестко связывающих крановый поезд.

Во втором случае уточненная оценка сближения может быть произведена анализом технологических процессов по методу синхронных циклограмм.

Если при обследовании установлено, что воздействия оборудования носят ощутимый динамический характер, необходимо уточнить величину и характер этих воздействий с использованием специальных методик. Дополнительные нагрузки, передаваемые на конструкции каркаса при проведении реконструкции, определяются по технологическому проекту на реконструкцию.

Расчет на совместное действие нагрузок от снега, ветра и мостовых кранов допускается выполнять с использованием коэффициентов сочетания, определенных с учетом реальных статистических данных и удельного влияния действующих нагрузок.

Расчетное усилие любого вида (продольная или поперечная сила, изгибающий и крутящий моменты) в сечении или элементе конструкции от одновременного действия снеговой, ветровой и крановой нагрузок рекомендуется определять по формуле:

$$S = (S_c + S_\sigma + S_k) \cdot \psi,$$

где S_c и S_σ – усилия от неблагоприятно действующих расчетных снеговых и ветровых нагрузок;

S_k – суммарное усилие от всех неблагоприятно действующих крановых нагрузок, определенное по СНиП 2.01.07-85;

ψ – коэффициент сочетания усилий, определяемый по формуле

$$\psi = \frac{C_c}{C_c(1-\beta_c) + \beta_c} + \frac{C_\sigma}{C_\sigma(1-\beta_\sigma) + \beta_\sigma} + \frac{C_k}{C_k(1-\beta_k) + \beta_k},$$

где $\beta_c, \beta_\sigma, \beta_k$ – усилия от неблагоприятно действующих расчетных снеговых и ветровых нагрузок;

C_c, C_σ, C_k – доли усилий или напряжений в сечении, учитывающие удельное влияние снеговой, ветровой и крановой нагрузок;

Коэффициенты $\beta_c, \beta_\sigma, \beta_k$ определяются по реальным статистическим данным о снеговой, ветровой и крановой нагрузках так, чтобы была обеспечена равнонадежность элементов конструкций, запроектированных на различные комбинации усилий. В запас надежности допускается принимать $\beta_c = 1,56$; $\beta_\sigma = 1,69$; $\beta_k = 1,66$.

При вычислении коэффициента сочетаний удельное значение снеговой, ветровой и крановых нагрузок учитываются их долями:

$$C_c = \frac{S_c}{S_c + S_\sigma + S_k}; \quad C_\sigma = \frac{S_\sigma}{S_c + S_\sigma + S_k}; \quad C_k = \frac{S_k}{S_c + S_\sigma + S_k}.$$

Тема 5

ДЕФЕКТЫ И ПОВРЕЖДЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Несовершенства конструкций – любые отклонения характеристик конструкции от требований проекта и НТД.

Два типа несовершенств:

1. **Дефекты** – это несовершенства, которые появляются на стадиях изготовления, транспортировки, монтажа и не развивающиеся во времени.

2. **Повреждения** – несовершенства, появляющиеся во время эксплуатации конструкций. Два вида повреждений:

- с условно постоянными характеристиками;
- развивающиеся во времени.

Три категории по степени опасности дефектов и повреждений:

А – присутствующие в особо ответственных элементах и соединениях, представляющие опасность обрушения;

Б – не представляющие непосредственной опасности, но которые могут при дальнейшем развитии перейти в категорию А;

В – не связано с угрозой обрушения.

Работы по выявлению дефектов и повреждений (свидетельствование) конструкций должны включать:

- подготовительные работы (получение и анализ задания на проведение обследования, ознакомление с объектом обследования в натуре, подборе и анализе технической документации, составление рабочей программы и др.);
- обмер конструкций, определение отклонений положения конструкций и их геометрических размеров от проектных;
- определение отклонений конструктивного исполнения элементов и соединений от принятых в проекте;
- выявление дефектов повреждений элементов и соединений;
- составление исполнительной документации, ведомостей дефектов и повреждений, обмерочных чертежей.

Причинами возникновения дефектов и повреждений являются:

1. Ошибки проектирования, связанные с определением нагрузок, расчетных схем и внутренних усилий, неправильным подбором сечений и сопряжений элементов и узлов;

2. Отличие фактического напряженного состояния от расчетного, а также недостаточная изученность действительной работы конструкций и характера воздействий.

3. Пониженные прочностные характеристики основного и наплавленного металла, наличие дефектов, приводящих к концентрации напряжений и способствующих усталостному разрушению.

4. Произвольное изменение сечений элементов, размеров сварных швов, количества заклепок и болтов при изготовлении и монтаже по сравнению с проектным.

5. Недопустимая перегрузка конструкций при эксплуатации.

6. Нарушения в процессе монтажа и эксплуатации взаимного расположения конструкций (смещение прогонов, эксцентриситет и перепады в стыках подкрановых рельсов и т.п.), которые приводят к появлению значительных дополнительных, не учитываемых расчетом, нагрузок и динамических воздействий.

7. Нарушения правил технической эксплуатации: удары транспортируемых грузов; использование конструкций для подвески блоков и опирания домкратов, для подъема и перемещения грузов при ремонтах без соответствующего расчета и необходимого усилия; вырезка отверстий в элементах конструкций для про пуска коммуникаций, удаление связевых элементов и т.д.

Нередко повреждения от силовых воздействий связаны с неудачным конструктивным решением узлов.

Для конструкций, подвергающихся воздействиям подвижных **динамических нагрузок** – подкрановых балок (особенно при кранах тяжелого и весьма тяжелого режимов работы), балок рабочих площадок, расположенных под путями железнодорожного транспорта – характерны усталостные повреждения, проявляющиеся в виде трещин в основном металле, сварных швах и околошовной зоне и разрушений болтовых и заклепочных соединений.

Значительные повреждения металлических конструкций возникают **при нарушении правил технической эксплуатации** зданий и сооружений:

- повреждениям от температурных воздействий в наибольшей степени подвержены элементы, расположенные вблизи от источников тепловыделений. В горячих цехах при измерении температуры появляются значительные температурные перемещения, приводящие к отклонению конструкций от проектного положения. При наличии связей, препятствующих свободным перемещениям, в элементах конструкций возникают дополнительные напряжения, которые могут привести к искривлению элементов или появлению трещин;

- коробление и пережог элементов перекрытий и нижних частей колонн из-за пролива расплавленного металла;

- повреждения от воздействия низких температур возникают в открытых сооружениях и неотапливаемых зданий. К таким повреждениям относятся хрупкие трещины в местах концентрации напряжений (сварные швы, резкие изменения сечений, фасонки ферм и т.д.). Особо подвержены хрупким разрушениям конструкции, выполненные из кипящих сталей;

- повреждения от воздействия агрессивных сред проявляются в виде разрушения защитных покрытий и коррозии металла.

Дефекты и повреждения противокоррозионной защиты проявляются в виде шелушения, отслаивания, пор, трещин и других нарушений защитных покрытий.

Повреждения металла возникают вследствие химической и электрохимической коррозии. Для стальных конструкций производственных зданий характерна электрохимическая коррозия. Коррозионные повреждения металла подразделяются на общие, равномерные или неравномерные по площади поверхности и местные в виде отдельных фиттингов, язв, сквозных поражений. Местные коррозионные повреждения возникают при локальных воздействиях; например, при протечках кровли, нарушении герметичности трубопроводов и т.д.

Анализ повреждаемости конструкций промышленных зданий показывает, что основными факторами, определяющими их состояние, являются:

- качество изготовления и монтажа;
- вид и интенсивность технологических воздействий;
- качество эксплуатации;
- срок эксплуатации, проведенный анализ обследуемых конструкций заводов металлургии и машиностроения показал, что наиболее повреждаемыми конструкциями являются подкрановые балки металлургических, литейных цехов и обжимных станов. Для подкрановых балок – в основном, нарушения соединений – сварных швов и заклепок; наиболее повреждаемые зоны – верхний пояс, стенка в опорном отсеке и опорное ребро.

Повреждения ферм

№№ п/п	Описание повреждений	Возможные причины образования повреждений	Состояние конструкций (по п. 3.3.2)
1	Общий прогиб элемента в плоскости фермы	1. Потеря устойчивости при перегрузке 2. Использование при подъеме оборудования	III - // -
2	Общий прогиб элемента из плоскости фермы	1. Развитие начальных несовершенств при нагрузке 2. Потеря устойчивости при перегрузке	- // -
3	Местная деформация элемента фермы	Неправильная эксплуатация конструкций (использование для подъема оборудования)	- // -
4	Ослабление поперечного сечения элемента или его отсутствие	Вырезы элементов при пропуске коммуникаций (чаще всего на стадии подвески)	При превышении ПДВ – состояние IV. В противном случае – состояние III

5	Трещина в основном металле элемента (стержня) фермы	Трещина в процессе эксплуатации при больших нагрузках, при наличии – подреза или концентратора, возникшего в процессе изготовления	IV
6	Трещина в фасонке фермы	1. Зарождение трещины при изготовлении, монтаже (кантовка – малоцикловая усталость) 2. В зоне больших температурных воздействий при невыдержанном расстоянии	- // -
7	Трещины в сварном шве	При недостаточном катете шва и при больших перегрузках	- // -
8	Отсутствие болтов (заклепок) в соединении или их ослаблении	Ослабление болтов (заклепок) при работе	III
9	Внеузловая нагрузка	Использование для подъема оборудования	- // -

Повреждения подкрановых балок

№№ п/п	Описание повреждений	Возможные причины образования повреждений	Состояние конструкций (по п. 3.3.2)
1	2	3	4
1	Смещение рельса с оси балки	Воздействия колес мостовых кранов	III
2	Несовпадение осей подкрановых рельсов в вертикальной плоскости	Повышенные динамические воздействия кранов	- // -
3	Повреждения болтов креплений	1. Повышенные динамические воздействия кранов 2. Усталостные разрушения	- // -
4	Трещины верхней околошовной зоны стенки	1. Усталостные разрушения 2. Местное повышение прочностных характеристик материала	IV
5	Трещины в стенке	Конструктивные или сварочные концентраторы напряжений	- // -
6	Искажение формы поперечного сечения	1. Эксцентриситет подкранового рельса 2. Механическое повреждение	III
7	Выпучивание стенки	Потеря местной устойчивости участка стенки	III

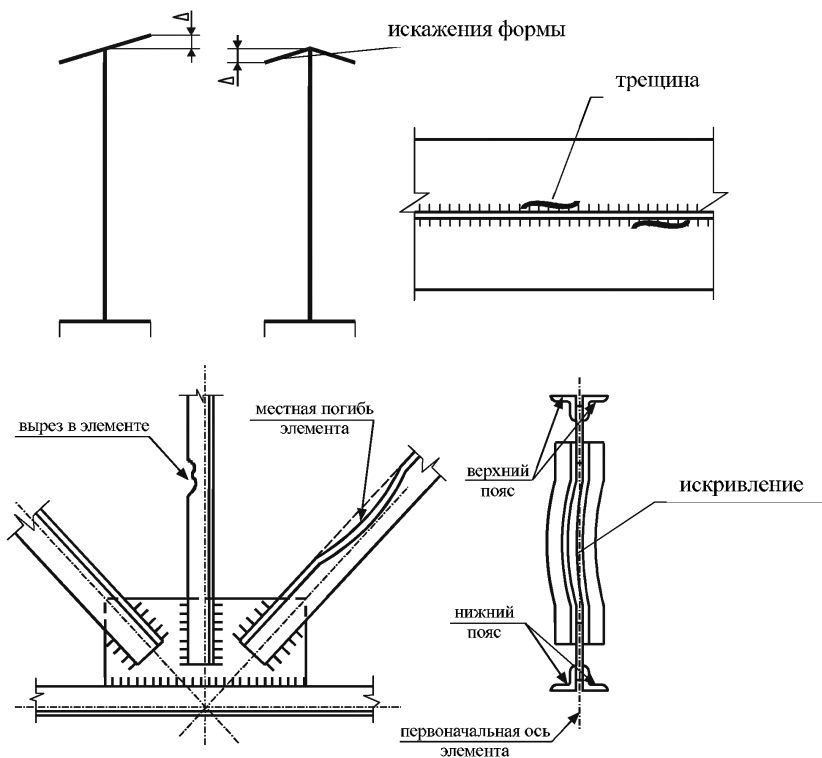


Рисунок 5.1. Схемы повреждений

Повреждения колонн и стоек

№№ п/п	Описание повреждений	Возможные причины образования повреждений	Состояние конструкций
1	2	3	4
1	Общий выход колонны в плоскости	Потеря общей устойчивости при перегрузке	IV
2	Общий выход колонны из плоскости	Потеря общей устойчивости при перегрузке	- // -
3	Деформация участка ветви колон из плоскости	1. Потеря общей устойчивости при перегрузке 2. Ударные воздействия грузов, транспортируемых краном	- // -

4	Разрушение сопряжения колонны с фундаментом	1. Дефекты монтажа 2. Перегрузка	- // -
5	Нарушение расчетных длин элементов колонн	Удаление элементов для пропуска коммуникаций и т.п.	III
6	Деформация элементов решетки	1. Нарушение правил эксплуатации 2. Ударные воздействия грузом	- // -
7	Местная деформация элемента колонны	Ударные воздействия грузом	- // -
8	Ослабление поперечного сечения элемента колонны или его отсутствие	Нарушение правил эксплуатации	IV или III
9	Выпучивание стенки ветви колонны	Местная потеря устойчивости участка стенки ветви при перегрузке	III

Тема 6

ПРОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ

Проверочный расчет конструкций является основным способом оценки технического состояния конструкций. При выполнении проверочных расчетов используются данные, полученные в ходе натурных обследований, контроля прочностных характеристик материалов, уточнения нагрузок и воздействий.

Проверочные расчеты включают следующие стадии:

1. Составление расчетной схемы.
2. Статический (или динамический) расчет и определение усилий и перемещений в узлах и элементах конструкций.
3. Определение напряжений в элементах и узлах и проверка выполнения неравенств метода предельных состояний.

Соответственно, учет в проверочных расчетах дефектов и повреждений осуществляется в зависимости от их особенностей и влияния на напряженно-деформированное состояние конструкций. От этого зависит также и стадия, на которой дефект (повреждение) вводится в расчет.

В зависимости от влияния на расчет существует четыре вида повреждений:

- 1) повреждения, которые влияют на напряженно-деформированное состояние конструкции в целом (например, как изменение пространственного положения узлов конструкций);
- 2) повреждения, которые влияют на напряжения в сечении отдельного элемента (локальные повреждения в виде вырывов, искривлений и др.);
- 3) такие повреждения как коррозионный износ приводят к перераспределению усилий в конструкции из-за изменения отношения жесткостных характери-

стик элементов, так и к повышению напряжений из-за уменьшения геометрических характеристик сечений;

4) недопустимые повреждения, которые не учитываются в расчете.

При выполнении проверочных расчетов учитывается наличие следующих дефектов и повреждений (расчетом проверяется их допустимость):

- ослабления сечения элементов в виде вырезов, вырывов, прожогов, общего поверхностного равномерного и неравномерного коррозионного износа;
- общие искривления и местные погнутости элементов;
- смещение осей конструкций, опирающихся друг на друга (например, смещение оси подкранового рельса с оси колонны);
- отклонения конструкций от вертикали;
- внеузловое крепление и расцентровка элементов;

Часть дефектов и повреждений считаются недопустимыми и не учитываются при проведении проверочных расчетов. К ним относятся:

- трещины в основном металле и сварных швах;
- разрывы и изломы элементов (недопустимы для отдельного элемента, в конструкции в целом учитываются при составлении расчетной схемы);
- дефекты сварных швов (кроме уменьшения катета сварного шва);
- несоответствие конструктивных (нерасчетных) размеров элементов принятым в нормативно-технической литературе (например, толщина фасонных ферм).

Для таких дефектов и повреждений нормами устанавливаются предельно-допустимые отклонения. Большинство дефектов и повреждений узловых соединений относится к этому типу.

Задачи проверочного расчета могут быть:

- *прямая* – проверка прочности и устойчивости существующих конструкций при расчетных или уточненных нагрузках;
- *обратная* – определение остаточной несущей способности, т.е. допускаемой нагрузки, исходя из дефектного состояния конструкций.

Расчет усилий и перемещений выполняется в следующей последовательности:

- составление расчетной схемы;
- расчет упрощенными или численными методами.

Составление расчетной схемы

1. Общая геометрия – координаты узлов. Они вводятся на основании натурных замеров геометрических характеристик. Таким образом, учитываются дефекты монтажа или повреждения, возникшие из-за неравномерных осадок основания, такие как:

- отклонения от вертикали и прямолинейности;
- смещения узлов с проектных осей по вертикали или горизонтали;
- эксцентриситеты сопряжения элементов решетчатых конструкций;
- внеузловое приложение нагрузки.

2. **Жесткостные характеристики** расчетной схемы – площадь и момент инерции сечений. Они определяются по фактическим размерам поперечных сечений элементов с учетом имеющегося коррозионного износа и общего искривления стержней

$$k_z = \frac{A_{ef}}{A_0} = \frac{I_{ef}}{I_0} = 1 - \frac{\Delta_{ef}}{k_s},$$

где A_{ef}, I_{ef} – расчетные значения площади и момента инерции сечения, поврежденного коррозией;

A_0, I_0 – то же для начального сечения;

k_z – коэффициент слитности;

Δ_{ef} – величина проникновения коррозии

3. **Узловые сопряжения элементов.** Тип сопряжения – шарнирное или жесткое выбирается в зависимости от:

а) *целей расчета* – упрощенный расчет или подробный;

б) *характера конструктивных решений*;

в) *состояния узловых сопряжений* – наличие или отсутствие деформаций соединяемых элементов.

4. **Опорные закрепления.** При выборе модели для опорного закрепления – жесткое, неподвижный шарнир, шарнир со свободным перемещением по горизонтальной или вертикальной оси – учитываются следующие факторы:

- конструктивное решение опорного узла;

- фактическое состояние узла по результатам обследования: повреждения анкерных болтов, наличие заметных перемещений опорных пластин, эксцентриситеты оттирания на нижележащие конструкции, искривления траверс, качество подливки под башмаки и др.

5. **Нагрузки** – значения, направления, точки или элементы, к которым они прикладываются, принимаются на основании натурных исследований или в соответствии со СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия».

Расчет внутренних усилий и перемещений

Основными способами расчета при определении внутренних усилий и перемещений в существующих конструкциях являются ручные вычисления и использование специальных программ для персональных компьютеров.

Основные методы статического расчета и соответствующие им модели работы элемента расчетной схемы:

1. Упругий расчет.

2. Пластический расчет.

3. Геометрически нелинейный расчет.

Линейный упругий расчет (расчет 1-го порядка). Является наиболее простым и широко используемым при перерасчетах. В этом методе вычисления выполняются относительно первоначальной геометрии конструкции, при этом де-

формации должны быть столь малы, чтобы результирующие перемещения не оказывали существенного влияния на усилия в элементах.

Пластический расчет (физическая нелинейность) основан на нелинейной модели работы материала, что более точно соответствует действительной работе стали под нагрузкой.

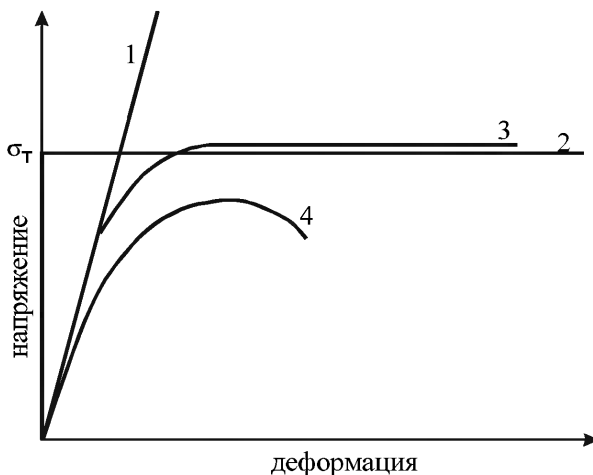


Рисунок 6.1. Модели работы элементов:

1 – упругий расчет; 2 – жестко-пластический расчет;
3 – упругопластический расчет; 4 – геометрически нелинейный расчет

Нелинейный расчет (расчет с учетом эффектов 2-го порядка, или геометрически нелинейный расчет), в основном, используется для анализа устойчивости элементов и конструкций в целом. Эффекты второго порядка включают:

- изменение координат узлов вследствие перемещений;
- искривление оси элементов из-за действия моментов.

Схемы работы элементов в конструкции для различных расчетных моделей представлены на рис.

Проверка несущей способности элементов и конструкций осуществляются путем расчета напряжений σ от внешних воздействий: несущая способность считается обеспеченной, если напряжения не превышают действительного расчетного сопротивления:

$$\sigma \leq R .$$

Геометрические характеристики сечений для расчета напряжений принимаются на основании натурных обмеров конструкций с учетом коррозионного износа.

Виды расчетов и элементов, для которых в нормах имеются особенности расчета напряжений по сравнению с расчетом новых конструкций:

1. Проверка прочности внецентренно-сжатых или внецентренно-растянутых элементов сплошного сечения.

2. Проверка устойчивости сжатых сплошностенчатых элементов:

- имеющих общее искривление;
- из двух уголков, имеющих искривление в двух плоскостях;
- то же, ослабленных вырезами или искривлениями полков.

3. Проверка устойчивости сквозных стержней:

- имеющих общее искривление в плоскости соединительной решетки;
- имеющих локальные ослабления ветвей в виде вырезов, вырывов, искривлений и т.п.;
- с дефектами или повреждениями раскосов;
- с расцентровкой раскосов.

4. Расчетная проверка на хрупкую прочность.

Остальные проверки и расчеты напряжений выполняются по СНиП П-23-81* «Металлические конструкции».

Анализ результатов расчетов

Запишем расчетное напряжение от действующих нагрузок с целью анализа результатов в виде (условно):

$$\sigma = \sigma_n + \sigma_{cn} + \sigma_{техн.},$$

где σ_n – напряжения от постоянной нагрузки;

σ_{cn} – напряжения от снеговой нагрузки;

$\sigma_{техн.}$ – напряжения от технологической нагрузки.

В зависимости от соотношения имеющейся несущей способности и действующих усилий, полученных в результате проверочного расчета, возможны следующие варианты:

1. $\sigma_n > R$ – несущая способность не обеспечена при действии постоянных нагрузок. Это означает что здание может разрушиться в любую минуту, состояние – аварийное, необходимо прекращение эксплуатации.

2. $\sigma_n \leq R$

$\sigma_n + \sigma_{cn} > R$ – состояние аварийное, поскольку не обеспечена несущая способность, конструкции необходимо усилить, но допускается эксплуатация и ремонт в летнее время.

3. $\sigma_n + \sigma_{cn} \leq R$

$\sigma_n + \sigma_{cn} + \sigma_{техн.} > R$ – состояние неудовлетворительное, поскольку невозможна нормальная эксплуатация здания. Необходимо повысить несущую способность путем усиления, до работ по усилению следует ввести ограничения в технологический процесс и снизить напряжения от технологической нагрузки, Так чтобы $\sigma_n + \sigma_{cn} + \sigma_{техн.}^* \leq R$.

4. $\sigma_n + \sigma_{cn} + \sigma_{техн.} \leq R$ – состояние удовлетворительное, возможна дальнейшая эксплуатация здания при условии предотвращения износа.

Тема 7

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Производственные здания и сооружения в процессе эксплуатации в соответствии с Положением о безопасной и надежной эксплуатации производственных зданий и сооружений должны находиться под систематическим наблюдением инженерно-технических работников, ответственных за сохранность этих объектов (см. рис. 7.1).



Рисунок 7.1. Состав работ по эксплуатации

Для обеспечения качественного систематического наблюдения за техническим состоянием зданий и сооружений и их отдельных элементов на предприятиях должна создаваться **служба по наблюдению** за эксплуатацией зданий и сооружений

Основные функции Службы наблюдения:

- 1) разработка графиков проведения осмотров и ремонтов;
- 2) организация паспортизации и обследований зданий и сооружений;
- 3) разработка положений, инструкций и других нормативных документов по вопросам эксплуатации строительных конструкций, которые действуют в рамках предприятия.

При аварии работники службы по наблюдению за эксплуатацией зданий и сооружений обязаны в первую очередь:

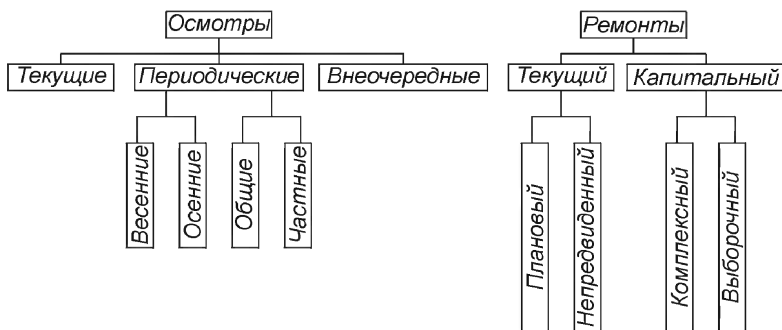
- принять все необходимые меры по спасению пострадавших и оказанию им помощи;
- ввести в действие план ликвидации аварий (аварийных ситуаций) если такое имеется на предприятии;
- принять меры по предотвращению дальнейшего распространения разрушений, пожара, выброса вредных веществ и т.п.;
- установить границу опасной зоны и ограничить доступ в нее людей.

Все производственные здания и сооружения предприятия приказом руководителя предприятия закрепляются за цехами, отделами и другими подразделениями предприятия (организации), занимающими указанные площади.

Руководители соответствующих подразделений являются лицами, ответственными за правильную эксплуатацию, сохранность и своевременный ремонт закрепленных за подразделением зданий и сооружений.

При обнаружении **отклонений** в состоянии конструкций или здания, превышающие нормативные значения, руководитель структурного подразделения обязан сообщить о них в службу по наблюдению за эксплуатацией зданий и сооружений и организовать систематический контроль за состоянием конструкций и развитием дефектов и повреждений.

Основными эксплуатационными мероприятиями являются осмотры, обследования и ремонты. Осмотры и обследования относятся к мероприятиям по контролю технического состояния конструкций, а ремонты – это мероприятия по поддержанию конструкций в работоспособном состоянии.



Осмотры подразделяются:

1) **текущие** – проводятся цеховой службой эксплуатации по годовому графику. Цель – визуальный осмотр состояния несущих и ограждающих конструкций. Результаты текущих осмотров фиксируются в журнале по эксплуатации. При проведении их визуально осматривают все конструкции и не менее 10-15 % детально. При этом выполняют инструментальные замеры сечений элементов, а также оценивают состояние лакокрасочного покрытия.

2) **периодические** – целью осмотров является контроль за соблюдением персоналом цехов правил содержания производственных зданий и сооружений, а также оценка состояния строительных конструкций. Периодические осмотры бывают весенние и осенние, а также подразделяются на общие и частные. Осмотры могут быть по объему – общие и частные, по периодичности – систематические (очередные) и периодические (внеочередные).

Очередные общие технические осмотры зданий проводятся два раза в год – весной и осенью.

При **весеннем техническом осмотре**, производимом после таяния снегов, уточняются объемы работ по техническому ремонту зданий и сооружений, выполняемому в летний период и выявляются объемы работ по капитальному ремонту для включения их в план следующего года. При весеннем техническом осмотре необходимо:

- тщательно проверить состояние несущих и ограждающих конструкций и выявить возможные повреждения их в результате атмосферных и других воздействий;
- установить дефектные места, требующие длительного наблюдения;
- проверить механизмы и открывающиеся элементы окон, фонарей, ворот, дверей и других устройств;
- проверить состояние и привести в порядок водостоки, отмостки и ливнеприемники.

Осенний осмотр проводится с целью проверки подготовки зданий и сооружений к зиме. К этому времени должны быть закончены все летние работы по текущему ремонту. При осеннем техническом осмотре необходимо:

- тщательно проверить несущие и ограждающие конструкции зданий и сооружений и принять меры по устранению всякого рода щелей и зазоров;
- проверить подготовленность покрытий зданий и удалению снега и необходимых для этого средств (снеготаялки, рабочий инвентарь), а также состояние желобов и водостоков;
- проверить исправность и готовность к работе в зимних условиях открывающихся элементов окон, фонарей, ворот, дверей и других устройств.

Периодичность проведения осмотров зависит от вида конструкций, материала конструкций, режима работы кранового оборудования и степени агрессивности среды и регламентируется:

- для стальных конструкций – ДБН 362-92 «Оценка технического состояния стальных конструкций эксплуатируемых производственных зданий и сооружений»
- для остальных конструкций – «Методическими рекомендациями по техническому освидетельствованию строительных конструкций зданий, сооружений и инженерных сетей (для служб надзора, эксплуатации и цехового персонала)».

Обследования проводятся специализированными организациями в следующих случаях:

- при паспортизации;
- при истечении нормативных сроков службы объектов;
- если в процессе осмотров выявлены отклонения в состоянии объекта или отдельных конструкций, превышающие предельные состояния;
- по требованию органов Госнадзорохрантруда;
- после стихийных бедствий.

Виды ремонтов (рис. 7.2):

1. Текущие – периодичность ремонта до 1 года. К текущему ремонту относятся работы по предохранению объектов и их частей от преждевременного износа путем проведения профилактических мероприятий. Текущие ремонты могут быть:

а) **плановые предупредительные** – проводятся в срок, установленный графиками проведения текущих ремонтов;

б) **непредвиденные** - проводятся вне сроков, установленных графиками, для устранения повреждений аварийного характера или создающих опасность для работников цеха.

2. Капитальные (реконструкция) – периодичность ремонта более 1 года. К капитальному ремонту относятся работы по замене изношенных конструкций или их замене на более прочные и экономичные. К капитальному ремонту не относятся работы по замене основных конструкций с наибольшим сроком службы. Капитальные ремонты могут быть:

а) **комплексный** – при котором ремонт охватывает объект в целом;

б) **выборочный** – состоящий из ремонта отдельных конструкций. Выполняется в случаях:

- при большом износе отдельных конструкций;

- при нецелесообразности проведения комплексного ремонта (намечена реконструкция, прекращение эксплуатации или снос здания).

Планы проведения ремонтов разрабатываются на основании данных осмотров и должны быть увязаны с технологическим процессом.

Ремонт зданий и сооружений необходимо проводить в период их наименьшей загруженности или их остановки.

Периодичность проведения капитального ремонта объектов и их конструктивных элементов в зависимости от условий эксплуатации приведена в «Нормативных документах ...».

На каждое здание и сооружение на предприятии должна быть в наличии следующая **эксплуатационная документация**:

1) Паспорт технического состояния здания (сооружения).

2) Инструкция по эксплуатации строительных конструкций объекта.

3) Технический журнал.

4) Типовые проекты и решения, которые были использованы.

5) Акты рабочих и государственных комиссий.

6) Проекты ремонтов, усилений и реконструкций.

7) Отчеты по обследованиям и испытаниям.

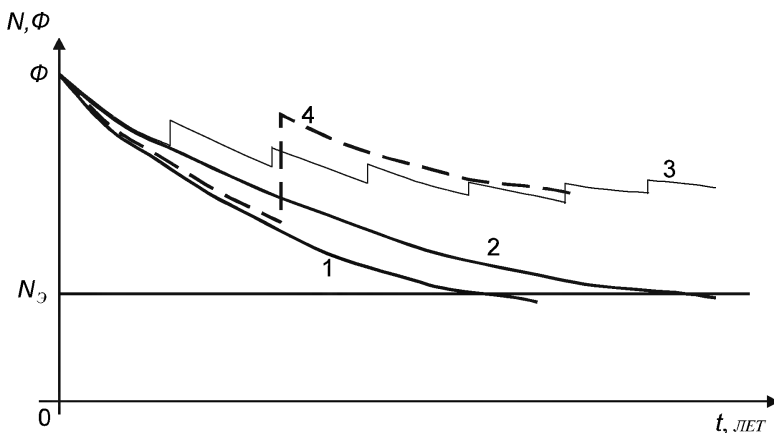


Рисунок 7.2. Влияние ремонтов на надежность здания Φ :
 1 – начальная кривая снижения несущей способности вследствие износа; 2 – замедление износа при выполнении предупредительных ремонтов; 3 – частичное повышение несущей способности при выполнении текущих ремонтов; 4 – восстановление несущей способности при реконструкции.

Тема 8

УСИЛЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Усиление – снижение уровня действующих напряжений в существующих конструкциях, которое осуществляется тремя способами:

1. Снижение действующих нагрузок (см. п. 1 в таблице 8.1).
2. Снижение действующих усилий (см. п. 2 в таблице 8.1).
3. Повышение несущей способности существующих конструкций или их элементов (см. п. 3, 4, 5 в таблице 8.1).

Цели выполнения усиления могут быть разбиты на две группы:

1. Восстановление несущей способности конструкций до проектной величины. Производится при снижении несущей способности конструкций под воздействием дефектов и повреждений. В зависимости от задач такое усиление может быть следующих видов:

- постоянное (капитальный ремонт);
- временное – осуществляется в том случае, когда необходимо обеспечить в плановом порядке нормальную эксплуатацию до капитального ремонта;

- аварийное – производится в экстренных ситуациях для срочного восстановления несущей способности, при этом принимаются простые решения, рассчитанные на краткий срок эксплуатации до капитального ремонта.

2. **Повышение** несущей способности сверх предусмотренной проектом. Это требуется при увеличении нагрузок или интенсивности нагружений при реконструкции.

Особенности работ по усилению:

1. Наличие стесненных условий существующего здания, действующего технологического оборудования и др.

2. Стоимость работ по усилению значительно выше стоимости нового строительства.

3. При проектировании усиления всегда рассматривается несколько вариантов, оптимальный выбирается по различным критериям в зависимости от конкретных условий:

- наличия ограничений на сроки и продолжительность ремонтных работ;
- технологической сложности выполнения работ;
- стоимости работ и др.

Таблица 8.1 – Способы усиления строительных металлоконструкций

№ п/п	Наименование способа усиления	Методы реализации усиления
1	Косвенное усиление или изменение условий эксплуатации	<p>1.1. Использование резервов несущей способности за счет:</p> <ul style="list-style-type: none"> а. учета фактических механических характеристик стали постоянных и временных нагрузок. б. учета эффекта от пространственной работы каркаса и поддерживающего влияния менее нагруженных элементов. в. уточнения схемы работы элементов конструкции. г. учета совместной работы несущих и ограждающих конструкций. <p>1.2. Ограничение работы технологического оборудования или замена его на новое с меньшим воздействием.</p> <p>1.3. Замена существующих ограждающих конструкций на другие с меньшей массой.</p> <p>1.4. Подведение дополнительных промежуточных несущих и ограждающих, а также страховочных конструкций (например, подведение новых прогонов; установка упругих прокладок, экранов и т.п.).</p>
2	Изменение конструктивной и расчетной схемы конструкций	<p>2.1. Подведение или установка дополнительных опор, подкосов или подвесок.</p> <p>2.2. Постановка дополнительных связей, распределительных систем.</p> <p>2.3. Превращение разрезных систем в неразрезные и наоборот.</p> <p>2.4. Введение новых стержневых элементов и систем для рационального изменения статической схемы.</p> <p>2.5. Предварительное напряжение конструкций.</p>
3	Увеличение	Присоединение к существующему элементу дополнительного эле-

	площади сечения	мента, увеличивающего площадь первого.
4	Местное усиление	4.1. Установка элементов, перекрывающих местные дефекты (накладки, дополнительные фасонки и т.п.). 4.2. Установка дополнительных креплений элементов: планки и решетки между ветвями двухплоскостных элементов и т.п. 4.3. Установка дополнительных ребер жесткости.
5	Усиление соединений	5.1. Увеличение катета и длины сварных швов. 5.2. Постановка дополнительных болтов, замена заклепок болтами для болтовых и заклепочных соединений.

Изменение конструктивной схемы может осуществляться следующими способами:

1. **Подведение дополнительных опор**, подкосов, подвесок (рис. 8.1), что позволяет повысить несущую способность балочных систем в 2...4 раза, снизить прогибы в несколько раз. Этот способ усиления возможен при наличии свободного пространства под усиливаемой конструкцией, и при условии удовлетворительного состояния фундаментов и грунтов оснований. Рекомендуется применять при аварийном усилении.

2. **Постановка дополнительных распределительных систем, связей.** Распределительные системы – продольные вертикальные связевые фермы, горизонтальные продольные связи в плоскости нижних поясов ферм покрытия (если их не было) – применяются соответственно для повышения несущей способности стропильных ферм, повышения жесткости каркаса в целом и косвенно приводят к усилению колонн.

3. **Превращение статически определимых балочных систем** в неразрезные многопролетные или превращением шарнирного опирания колонн на фундаменты в заделку. Этим способом можно повысить несущую способность усиливаемой системы на 15...20 %.

4. **Введение новых стержневых элементов** для изменения статической схемы (рис. 8.2) и превращение ее в шпренгельную систему, что дает возможность повысить несущую способность на 40...60 % (а, г); постановка местных шпренгельных элементов в фермах с целью уменьшения расчетных длин сжатых элементов и восприятия местной нагрузки (в); включение существующих или новых фонарей в работу стропильных ферм (б); введение новых элементов решетки ферм, колонн.

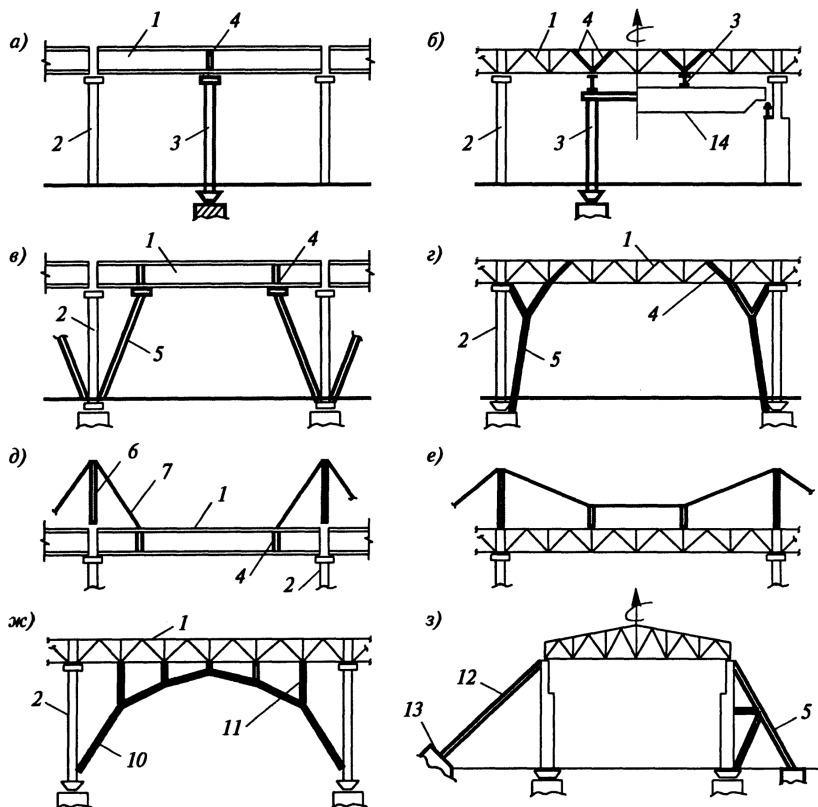


Рисунок 8.1. Усиление конструкций подведением (установкой) дополнительных опор: 1 – усиливаемая конструкция; 2 – существующая опора; 3 – новая опора; 4 – элемент местного усиления; 5 – новый подкос; 6, 7, 8, 9 – соответственно дополнительные пилон, вант, несущий трос, подвеска; 10, 11 – дополнительные арка и стойка; 12, 13 – соответственно новые оттяжка и фундамент; 14 – мостовой кран

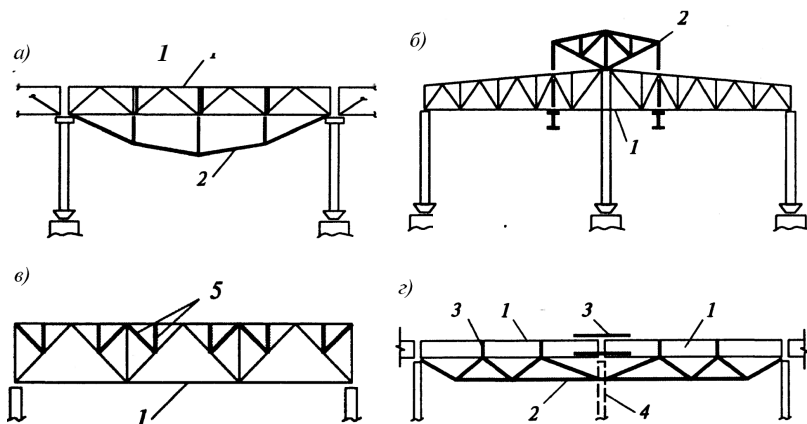


Рисунок 8.2. Усиление путем введения новых стержней, изменяющих внешнюю или внутреннюю статическую неопределимость:

1 – усиливаемая балка (ферма); 2 – новые стержни; 3 – детали местного усиления; 4 – демонтируемая опора; 5 – шпренгели

5. Предварительное напряжение конструкций, которое может производиться следующими способами:

а. Введение предварительно напряженных высокопрочных затяжек (рис. 8.3,б,е,г,д,е), функцию которых могут выполнять также шпренгели и ванты. В балках, фермах, рамах затяжки, как правило, ставятся вдоль нижнего пояса. Благодаря их натяжению создается изгибающий момент, противоположный по знаку моменту от постоянных и временных нагрузок, затяжки могут иметь ломаное очертание и для удобства натяжения выводиться на верхний пояс.

б. Предварительный выгиб (деформация) конструкции (рис. 8.3,ж). Этот прием может применяться для включения в совместную работу настила с несущей конструкцией.

в. Регулированием усилий в неразрезной системе путем изменения уровня опор (рис. 8.3,з). При этом в балочной системе создаются изгибающие моменты, обратные по знаку моментам от эксплуатационной нагрузки, в результате чего можно уменьшить в наиболее напряженных сечениях расчетный момент для балок или расчетные усилия для элементов ферм.

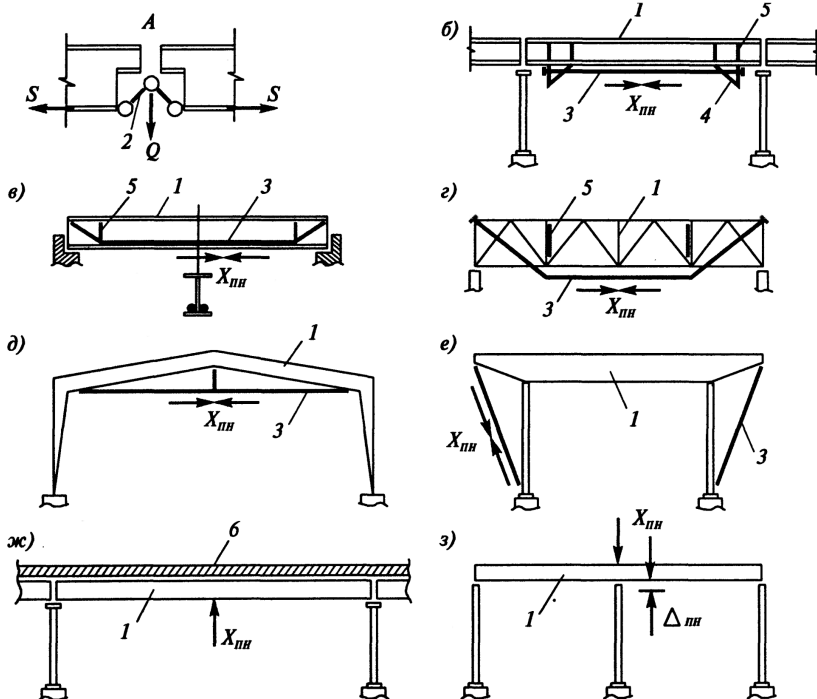


Рисунок 8.3. Усиление путем предварительного напряжения конструкций: 1 – усиливаемая конструкция; 2 – распорное устройство; 3 – предварительно натянутая высокопрочная затяжка; 4 – новый столик; 5 – детали местного усиления; 6 – плиты настила

С помощью предварительной деформации дополнительных усиливающих стержней можно добиться разгрузки сжатых стоек. Для этого можно, например, использовать распорные усиливающие стержни и стянуть их с помощью домкратов или тяжей или с помощью трубы с затяжкой (рис. 8.4).

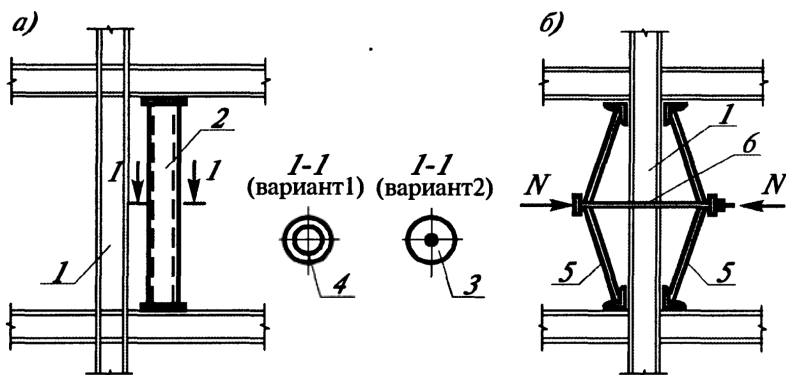


Рисунок 8.4. Усиление путем разгрузки сжатых колонн:

1 – усиливаемая колонна; 2 – элемент усиления из трубы; 3 – предварительно натянутая затяжка; 4 – нагреваемая внутренняя труба; 5 – распорные усиливающие стержни; 6 – тязь для стягивания стоек усиления

Усиление конструкций путем увеличения сечения элементов. Этот метод усиления применяется в тех случаях, когда несущая способность конструкции определяется одним или несколькими элементами, например, прочностью или устойчивостью нескольких стержней. При этом целесообразно увеличить сечение перегруженных элементов.

1. Усиление изгибаемых элементов. При усилении изгибаемых элементов наиболее рациональным по расходу стали являются схемы (рис. 8.5), предусматривающие симметричное или близкое к симметричному усилению с расположением усиливающих элементов по возможности дальше от центра тяжести сечений усиливаемого элемента. При усилении балок, как правило, нет необходимости располагать элементы по всей длине усиливаемого элемента, а можно ограничиться только участком с максимальным изгибающим моментом.

Крепление дополнительных элементов усиления для конструкций, работающих на циклические, динамические нагрузки и в условиях низких температур, производится только сплошными швами или болтами, в остальных случаях допускается применение прерывистых швов.

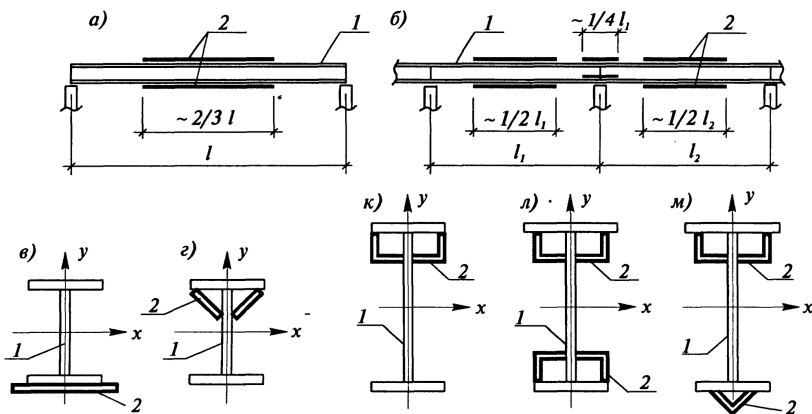


Рисунок 8.5. Усиление изгибаемых элементов путем увеличения сечения:
1 – усиливаемый изгибаемый элемент; 2 – дополнительные усиливающие элементы

2. Усиление центрально-растянутых и центрально-сжатых элементов осуществляется по схемам рис. 8.6. Необходимо стремиться к сохранению положения центра тяжести сечения после усиления. Крепление элементов усиления для конструкций производится так же, как в балках.

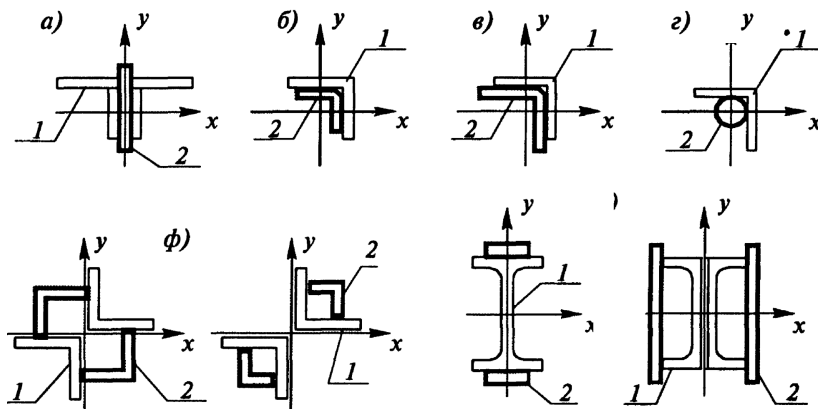


Рисунок 8.6. Усиление центрально-растянутых и центрально-сжатых элементов путем увеличения сечения: 1 – усиливаемый элемент; 2 – дополнительный присоединяемый элемент

Усиление соединений:

1. Стыковые швы – усиливают путем установки поперечных накладок. Угловые швы крепления накладок не доводятся до стыкового шва на 50 мм.

2. Угловые швы – усиливают путем увеличения их длины. При увеличении длины швов может возникнуть необходимость введения дополнительных элементов.

3. Усиление клепаных соединений производится путем замены высокопрочными болтами (класса 8.8; 10.9) диаметром 20...27 мм с предварительным натяжением. Замену можно производить только полностью для одного или нескольких поперечных рядов (по отношению к оси действующего усилия) заклепок.

2. Усиление болтовых или заклепочных соединений с помощью сварных швов не рекомендуется из-за разных жесткостных характеристик этих соединений; оно может применяться, как исключение в тех случаях, когда сварные швы усиления будут рассчитаны на восприятие всего усилия в элементе.

Расчет элементов усиления и усиленных конструкций ведется по методу предельных состояний и в соответствии с действующими нормами. Цель расчета – обеспечить прочность и устойчивость конструкций, а также ограничить их деформативность.

Расчет по первому предельному состоянию выполняется на силовые воздействия, вызванные обобщенной начальной нагрузкой до усиления q^{oc} и расчетной добавочной нагрузкой Δq , приложенной после усиления ($q = q^{oc} + \Delta q$).

Расчеты на прочность о упругой стадии и устойчивость производится в предположении, что усиливающие детали воспринимают только приращение усилия в элементе, возникающее от нагрузок, прилагаемых после усиления.

Расчет усиления центрально-растянутых элементов производится в предположении, что усиливающие детали воспринимают только приращение усилия в элементе, возникающее от нагрузок, прилагаемых после усиления. Условие прочности растянутых элементов имеет вид

$$\sigma = \frac{N_c}{A_c} + \frac{\Delta N_d}{A_c + \Delta A_{dn}} \leq R_y \cdot \gamma_c,$$

где N_c – расчетное осевое усилие от нагрузок, действующих в момент усиления;

ΔN_d – расчетное осевое усилие от нагрузок, возникающих после усиления;

A_c – площадь нетто основного сечения элемента (до усиления);

ΔA_{dn} – площадь сечения дополнительных (усиливающих) деталей.

Крепят усиливающие детали к основному сечению и к узлу электросварными швами, при этом, соединительные швы между узлами рекомендуется делать сплошными высотой 3-6 мм.

В расчетах **усиления центрально-сжатых элементов** принимается, что усиливающие детали воспринимают только приращение усилий от нагрузок, прикладываемых после усиления, однако, учитывается, что потеря устойчивости происходит в стержне, имеющем новое сечение, поэтому в расчет вводится гибкость стержня после усиления.

К моменту усиления осевое усилие не должно превышать величины, определенной из выражения

$$N_c \leq 0,8 \cdot R_y \cdot \gamma_c \cdot \varphi_c \cdot A_c,$$

где φ_c – коэффициент продольного изгиба сечения до усиления;

A_c – площадь брутто основного сечения до усиления.

Условие устойчивости сжатых элементов имеет вид

$$\frac{N_c}{A_c \cdot \varphi_{ов}} + \frac{\Delta N_{\delta}}{(A_c + \Delta A_{\delta n}) \cdot \varphi_{ов}} \leq R_y \cdot \gamma_c,$$

где $\varphi_{ов}$ – коэффициент продольного изгиба для сечения после усиления (общего).

При расчете **изгибаемых элементов** условие прочности имеет вид

$$\sigma = \sigma_c + \sigma_{\delta} = \frac{M_c}{I_c} y_c + \frac{\Delta M_{\delta}}{I_c + \Delta I_{\delta n}} y_c \leq R_y \cdot \gamma_c,$$

где M_c – расчетный момент от нагрузок, действующих в момент усиления;

ΔM_{δ} – расчетный момент от нагрузок, возникающих после усиления;

σ_c – напряжение от нагрузок, действующих в момент усиления;

σ_{δ} – напряжение от нагрузок, возникающих после усиления;

I_c – момент инерции основного сечения элемента (до усиления);

y_c – расстояние до крайней точки пояса до усиления;

$I_{\delta n}$ – момент инерции для дополнительных (усиливающих) деталей.

Из формул видно, что чем меньше начальное напряжение, тем в большей степени можно повысить несущую способность.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каковы причины возникновения аварий зданий и сооружений?
2. Какие существуют виды технического состояния элементов металлоконструкций и зданий в целом?
3. В какой очередности выполняется оценка технического состояния?
4. Какие существуют методы оценки технического состояния?
5. В чем состоят задачи эксплуатации зданий и сооружений и что включает эксплуатация?
6. Какими мероприятиями можно предупредить появление аварий?
7. Как и в какой последовательности выполняются проверочные расчеты существующих конструкций?
8. Какие основные свойства стали оцениваются при обследовании?
9. Как определяются свойства прочности и пластичности сталей при обследовании?
10. Как оценивается свариваемость сталей при обследовании?
11. Как выполняется уточнение нагрузок от собственного веса конструкций при обследовании?
12. Как выполняется уточнение атмосферных нагрузок при обследовании?
13. Как выполняется уточнение крановых нагрузок при обследовании?
14. Какие существуют основные виды дефектов металлических конструкций?
15. Какие существуют основные виды повреждений сплошностенчатых металлических конструкций?
16. Какие существуют основные виды повреждений решетчатых металлических конструкций?
17. Как оценивается степень опасности дефектов и повреждений?
18. По каким причинам возникают дефекты и повреждения?
19. Каковы особенности, причины и способы предупреждения коррозионного износа?
20. В чем состоят особенности и причины усталостного износа металлических конструкций?
21. Какие мероприятия включает обслуживание зданий?
22. Как выполняется надзор за зданиями и сооружениями?
23. Какие функции выполняет служба эксплуатации на предприятиях?
24. Какие виды ремонтов выполняются для зданий и сооружений?
25. Как выполняется устранение трещин в стальных конструкциях?
26. Какие существуют основные методы повышения несущей способности балок?
27. Какие существуют основные методы усиления колонн?
28. Какие существуют основные методы повышения несущей способности решетчатых конструкций?
29. Как выполняется расчет усиления изгибаемых элементов?
30. Как подбирается сечение усиливающих элементов для колонн и стоек?

ИСТОЧНИКИ

1. ДБН 362-92. Оцінка технічного стану сталевих конструкцій виробничих будівель і споруд, що знаходяться в експлуатації // Держбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 1995.
2. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции. Нормы проектирования. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1991.
3. Пособие по проектированию усиления стальных конструкций (к СНиП II-23-81*). – М.: Стройиздат, 1989. – 159 с.
4. Валь В.Н. Усиление строительных каркасов одноэтажных производственных зданий при их реконструкции / В.Н. Валь, Е.В. Горохов, Б.Ю. Уваров. – М.: Стройиздат, 1987. – 208 с.
5. Повышение долговечности металлических конструкций промышленных предприятий / А.И. Кикин, А.А. Васильев, Б.Н. Кашутин и др. // под ред. А.И. Кикина. – 2-е изд. – М.: Стройиздат, 1984. – 301 с.
6. Проектирование металлических конструкций: спец. курс. Учебн. пособие для вузов / В.В. Бирюлев, Н.Н. Кошин, Н.Н. Крылов, А.В. Сильвестров. – Л.: Стройиздат, 1990 – 432 с.
7. Реконструкция зданий и сооружений учеб. пособие строит., спец. вузов / под ред. А.Л. Шагина. – М: Высш. шк., 1991. – 352 с.
8. Долговечность стальных конструкций в условиях реконструкции / Е.В. Горохов, Я. Брудка, М. Лубиньски и др. / под ред. Е.В. Горохова. – М.: Стройиздат, 1994. – 488 с.
9. Металлические конструкции в 3 т.: Т. 3 (Справочник проектировщика) / под общ. ред. Кузнецова (ЦНИИпроектстальконструкция им. Н.П. Мельникова). – М.: Изд-во АСВ, 1999.
10. Сварные строительные конструкции в 3 т.: Т. 3 / под ред. Л.М. Лобанова. – Киев : ИЭС им. Е.О. Патона, 2003.

Навчальне видання

ЛУГЧЕНКО Олена Іванівна
КУЛАКОВ Олександр Юрійович

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

«РЕКОНСТРУКЦІЯ ТА ЗМІЦНЕННЯ БУДІВЕЛЬ»

*(для студентів 5 курсу денної та 6 курсу заочної форм навчання
і слухачів факультету післядипломної освіти
спеціальності 7.06010101, 8.06010101 – Промислове і цивільне
будівництво)*

(рос. мовою)

Відповідальний за випуск: *В. С. Шмуклер*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання О.І.Лугченко

План 2014, поз. 2Л

Підп. до друку 20.04.2015
Друк на ризографі.
Зам. №

Формат 60 x 84/16
Ум. друк. арк. 2,05
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 4705 від 28.09.2014 р.